

基于可拓变换与时间模块的产品族 加工时间快速确定方法*

杨清清, 陈友玲, 鲁香珍

(重庆大学机械工程学院工业工程系, 重庆 400044)

摘要: 为提高定制企业工时定额制定的效率以满足顾客对产品交货期的需求, 提出一种新的工时定额计算方法。该方法以产品族的结构组成为基础, 将产品族加工时间分为静态工时、柔性工时、特有工时三大工时模块, 提出了时间模块的概念, 并运用可拓变换的思想对柔性工时模块进行了可拓学描述, 运用工艺聚类分析实现了各工时模块时间的计算。通过对制造对象物元的三级匹配搜索和事元的匹配搜索提取相似的制造对象, 以实现加工时间的快速重用。最后通过实例验证了方法的可行性和有效性。

关键词: 产品族; 加工时间; 可拓变换; 时间模块

中图分类号: F245 文献标志码: A 文章编号: 1001-3695(2012)10-3701-05

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.10.025

Method to quickly formulate process time of product family based on extension transformation and time module

YANG Qing-qing, CHEN You-ling, LU Xiang-zhen

(Dept. of Industrial Engineering, School of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: To improve the efficiency of time quota formulation of enterprise to custom and satisfy the customer's demand of product delivery, this paper proposed a new calculation method of time quota. It took the product family's structure composition as a foundation, divided the process time of product family into the following three time modules: static time, flexible time and unique time, then proposed the concept of time module and carried out extension description to the flexible time module with extension theory to realize the calculation of time module by the process cluster analysis. Extracted similar manufacture object through the third-level match search of the object element and the match search of matter element, to realize rapid reuse of manufacturing time. Finally, it provided an instance to illustrate the feasibility and validity of the method.

Key words: product family; process time; extension transformation; time module

0 引言

为满足客户个性化、多样化的定制需求, 企业逐渐采用了定制生产方式以实行产品族策略。然而, 由于在定制生产方式下企业面临着订单随机性强、产品类型多、工艺过程多变等问题, 给这类企业的工时制定工作带来了巨大的挑战。传统工时制定方法已使产品工时数据失去了准确性, 不但效率低下且定额成本难以控制, 严重影响了企业生产计划的安排, 难以满足顾客对定制产品交货期的需求。因此, 对定制企业工时制定方法的研究成为急需解决的问题。

国内外已有不少学者对工时定额的制定做了相关研究。杨青海等人^[1]给出了基于事物特性表的相似零件识别方法, 提出了零件工时估算的相似性机理与过程模型。钟宏才等人^[2]通过分析部件族中典型部件的生产过程, 得到部件生产工时定额的影响因素, 并应用 BP 神经网络建立了工时定额与影响因素之间的映射关系, 从而计算出该部件族中每个部件生产的工时定额。高俊杰等人^[3]提出了一种基于范例与

基于知识相结合的混合推理模型, 克服了单种推理方法存在的检索数据量大、检索范例不准的缺点。纵观前人的研究发现, 他们没有对客户定制因素带来的产品结构变化对加工时间的影响做详细的研究。因此, 笔者以顾客定制因素对产品族结构是否造成变化为依据, 首次提出了时间模块的概念, 并创新性地产品族结构与产品族加工时间联系在一起, 将产品族工时分为三大工时模块, 对其时间计算方法进行了系统研究。

1 产品族加工时间确定方法概述

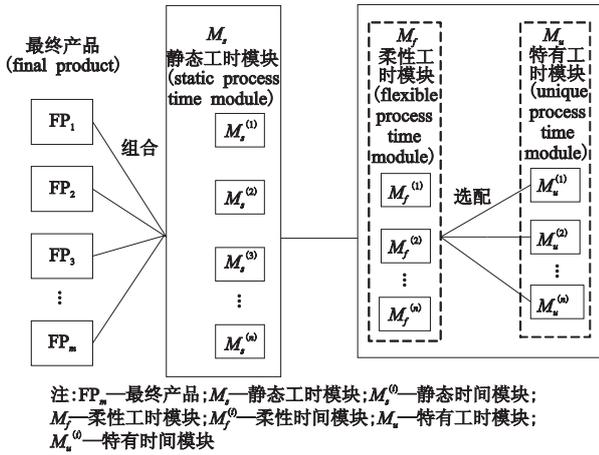
1.1 产品族加工时间确定方法研究思路

通过研究产品族的构成发现, 产品族内各系列产品之间总是存在共享结构和不同的个性化结构, 两者便组成了个性化的定制产品。共享结构对应着相同的加工时间, 其时间值是固定的, 本文把它定义为静态工时模块。通过对个性化结构的成因进行分析得知, 企业为满足顾客对产品的定制需求, 必须对产品的结构进行改变和重新设计, 或让顾客根据需求选择企业特

收稿日期: 2012-03-24; 修回日期: 2012-04-29 基金项目: 重庆市自然科学基金资助项目(2009BB3362); 重庆市教委科学技术研究资助项目(KJ08A06); 重庆大学“211工程”三期创新人才培养计划建设项目(S009107)

作者简介: 杨清清(1988-), 女, 四川巴中人, 硕士研究生, 主要研究方向为生产管理、工时研究等(yqqqu@163.com); 陈友玲(1963-), 女, 重庆人, 教授, 主要研究方向为生产计划与调度、生产系统建模与仿真; 鲁香珍(1986-), 女, 河南商丘人, 硕士, 主要研究方向为生产管理、大规模定制。

有的结构。本文把这两类结构分别定义为柔性结构和特有结构,对应的加工时间称为柔性工时模块和特有工时模块。各工时模块均由时间模块组成,最终产品的加工时间可分解为静态工时模块时间、柔性工时模块时间、特有工时模块时间。具体思路如图 1 所示。



注:FP_n—最终产品;M_s—静态工时模块;M_s⁽ⁱ⁾—静态时间模块;M_f—柔性工时模块;M_f⁽ⁱ⁾—柔性时间模块;M_u—特有工时模块;M_u⁽ⁱ⁾—特有时间模块

图1 产品族加工时间确定方法研究思路

1.2 产品族加工时间确定方法框架 (图 2)

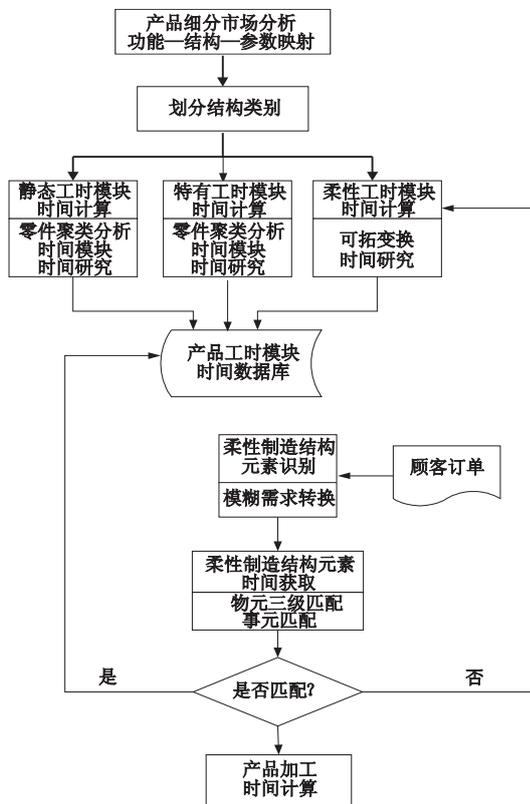


图2 产品族加工时间确定方法框架

2 产品族加工时间确定方法相关关键技术

2.1 时间模块

本文时间模块的概念是基于零件相似聚类提出的,旨在高效地计算出各工时模块时间。零件族是一组在设计特征或制造工艺上具有某种同一性和相似性的零件。时间模块是指加工一组具有相似特征和加工工艺的零件族所耗的时间。时间模块是加工时间测定的基本单元。将零件族的加工时间作为时间模块,是因为族内各零件在操作程序和操作时间上具有同一性和相近性。因此,本文提出以零件加工设备或工艺流程的

相似性为时间模块的划分依据。

零件工艺相似度的计算^[4,5]采用式(1):

$$S_{ij} = \frac{E_{ij}}{(E_i + E_j - E_{ij})} \quad (1)$$

其中: S_{ij} 为零件 P_i 与 P_j 的工艺相似度; E_{ij} 为零件 P_i 与 P_j 共同的工序数; E_i 和 E_j 为零部件 P_i 与 P_j 的工序总数。企业可根据预期目标确定工时定额精度 δ 的下限值,当 $S_{ij} > \delta$ 时, P_i 与 P_j 相似,划为一个时间模块;否则, P_i 与 P_j 不相似,不能划为一个时间模块。

时间模块内各零件的加工时间通过传统的秒表测时或抽样方法获取。时间模块对应时间值的计算式为

$$T(M_s^{(i)}) = \frac{\sum_{k=1}^{j_i} T(P_{ik}^{(s)})}{j_i} = \frac{\sum_{k=1}^{j_i} \bar{t}(P_{ik}^{(s)})}{j_i} \quad (2)$$

其中: $T(M_s^{(i)})$ 为时间模块 $M_s^{(i)}$ 的时间值; j_i 为组成时间模块 $M_s^{(i)}$ 的零件族中零件的个数; $P_{ik}^{(s)}$ 为时间模块 $M_s^{(i)}$ 的零件族中的零件; $T(P_{ik}^{(s)})$ 为时间模块 $M_s^{(i)}$ 中零部件 $P_{ik}^{(s)}$ 的时间值; $\bar{t}(P_{ik}^{(s)})$ 为零件 $P_{ik}^{(s)}$ 加工时间多次抽样测定的平均值。

2.2 可拓变换

2.2.1 可拓变换的制造对象及相关定义

本文将制造对象从微观制造角度进行划分,分为制造结构元素和制造结构单元,两者对应的加工时间分别称为时间元素和时间单元。以下是本文给出的相关定义。

a) 制造结构元素。表示由简单图形(点、线、面等)操作(移动或旋转)形成的具有确切加工形状和完整工艺信息的实体。

b) 制造结构单元。表示两个或两个以上的制造结构元素按一定的几何逻辑连接起来形成的实体单元。

c) 时间元素。表示加工制造结构元素所需的时间。

d) 时间单元。表示加工制造结构单元所需的时间。

2.2.2 制造对象的基元表达

可拓学被广泛应用于机械设计和新产品设计领域中,主要利用可拓论和可拓方法研究设计过程中的形式化表示、建模、变换、推理等问题^[6,7]。本文利用可拓学的基元表达来描述制造对象。

可拓学中^[8,9]为了形式化描述物、事和关系,建立了物元、事元和关系元的概念,它们统称为基元,是可拓学的逻辑基本单元。即基元 $B = \{M, A, R\}$, 其中 M 表示物元, A 表示事元, R 表示关系元。物元 $M = (O_m, c_m, v_m)$ 的三要素是事物的名称 O_m 、特征 c_m 和量值 v_m ; 事元 $A = (O_a, c_a, v_a)$ 中, O_a 为动作, c_a 为动作的特征, v_m 为 O_a 关于 c_a 所取得的量值; 关系元 $R = (O_r, c_r, v_r)$ 中, 同样存在关系 O_r 、关系的特征 c_r 和相应的量值 v_r 。制造对象的基元描述模型如下:

$$MB = \{MM, MA, MR\}$$

$$MM = (O_m \quad c_m \quad v_m) = \begin{bmatrix} O_m & c_{m1} & v_{m1} \\ & c_{m2} & v_{m2} \\ & \dots & \dots \\ & c_{mm} & v_{mm} \end{bmatrix}$$

$$MA = (O_a \quad c_a \quad v_a) = \begin{bmatrix} O_a & c_{a1} & v_{a1} \\ & c_{a2} & v_{a2} \\ & \dots & \dots \\ & c_{as} & v_{as} \end{bmatrix}$$

$$MR = (O_r \quad c_r \quad v_r) = \begin{bmatrix} O_r & c_{r1} & v_{r1} \\ & c_{r2} & v_{r2} \\ & \dots & \dots \\ & c_{ri} & v_{ri} \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中: O_m 是某一柔性制造对象的物元名称, O_a 和 O_r 分别是与该制造对象对应的事元和关系元名称; c_m 是制造对象的制造特征集,包括形状、作用、结构、材料等特征, $c_{m1}, c_{m2}, \dots, c_{mn}$ 就表示了由 c_m 拓展出来的各个具体特征;而 $v_{m1}, v_{m2}, \dots, v_{mn}$ 就表示了各个具体特征的取值(域)。同样, c_a 和 c_r 是与制造对象对应的操作事元和关系元的特征集,包括车、铣、磨以及检查、搬运等各项操作特征和装配关系、对齐关系、连接关系等各种关系特征,而 v_a, v_r 就是 c_a, c_r 对应的特征取值(域)集。

2.2.3 产品族工时柔性的可拓学描述

从产品族的形成过程可知,企业在产品平台的基础上根据顾客需求添加一些个性化模块从而形成一系列产品,而这些个性化模块在结构上具备很高的柔性,结构的改变必然影响加工时间。因此把这些个性化模块定义为柔性结构,对应的加工时间定义为柔性工时模块。本文运用可拓变换的方法表达不同制造对象之间的关联性,并描述了顾客定制因素对制造时间的影响机理。

将 Γ_0 变换为 Γ 或对象 $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_n$, 称为对象 Γ_0 的可拓变换。可拓变换包括置换、增删和扩缩。对象在可拓变换的同时其加工时间也在发生着变化。

1) 增删变换 指在考虑客户定制要求的条件下,某一制造结构元素通过增加一个或多个新的制造结构元素形成新的制造结构单元,或某一制造结构单元通过删除一个或多个制造结构元素变换成另一制造结构单元或最终变成制造结构元素的变换过程。其表达式为: $MM \pm MM_0 = MM'$ 。在增删变换过程中,原有制造对象制造结构元素的增减会引起事元 MA 即操作和工艺的变化,从而影响加工时间。

2) 置换变换 指按照客户定制的要求,通过置换产品结构特征如材料,或将某一制造结构元素或制造结构单元置换为另一制造结构元素与制造结构单元的变换过程。其表达式为

$$T_1 MB = MB', T_1 = \begin{bmatrix} \text{置换对象} & c \\ & \text{内容} & c' \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中: T_1 为置换变换因子, c 和 c' 是置换对象和内容。结构特征如材料的改变与制造结构元素的置换同样会引起加工时间的变化。

3) 扩缩变换 指为满足根据客户对新定制产品的要求,通过扩大或缩小产品结构特征参数水平,将某一制造结构元素或制造结构单元变成另一制造结构元素或制造结构单元而进行的变换,这种变换一般是对参数水平放大或缩小一定的倍数。其表达式为

$$T_2 MB = MB', T_2 = \begin{bmatrix} \text{扩大} \vee \text{缩小} & \text{倍数} & \alpha \\ & \text{对象} & v_0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

其中: T_2 为扩缩变换因子; v_0 是扩缩的对象; α 是扩缩的倍数。特征参数水平的扩大或缩小会直接影响到加工时间的长短。

3 产品族加工时间确定方法

3.1 柔性工时模块时间计算

制造结构元素的可拓变换是对产品柔性的解析,也是对顾客需求影响产品加工时间的解释。产品结构在不同的可拓变

换方式下其加工时间的计算方法也不同。

1) 增删变换下的计算方法

由表达式 $MM \pm MM_0 = MM'$ 可知, MM 经过增加或删除 MM_0 变换为 MM' 。因此,对 MM' 的加工时间的计算步骤如下:a) 对 MM_0 按照工艺信息进行操作事元表达;b) 确定 MM_0 操作事元中所涉及的加工、检查、搬运和等待等制造过程;c) 确定各制造过程的总时间 T_0 ;d) 则 MM' 的加工时间 $T' = T_0 + T$ (原始制造结构元素的加工时间 T 为已知)。

2) 置换变换下的计算方法

若置换的是制造结构元素,则对置换的制造结构元素按照增删变换方式下的计算方法进行到步骤 c);若置换的是产品结构材料种类,则需要根据企业以往的制造经验进行判断。判断的依据是两种材料对加工时间的影响系数 w , w 越大(小),表示加工同样单位的材料所耗时间越长(短)。

3) 扩缩变换下的计算方法

当同种结构对应的特征参数水平呈一定倍数关系变换时,其对应的加工时间不一定呈相同倍数增加,但根据实际经验会呈现一定的线性规律,因此,可通过回归分析对不同参数水平下的加工时间进行拟合。其步骤如下:a) 识别所要扩缩的参数,通过参数水平向结构的映射识别被加工的制造结构元素;b) 通过参数搜集企业已经加工过的该制造结构元素在不同参数水平下的加工时间;c) 以参数水平为 X 轴、对应的加工时间为 Y 轴进行线性拟合,得到的回归方程为 $Y = ax + b$ 。当参数水平变为 x' 时,只需将其值代入回归方程即可求得对应的加工时间。

3.2 静态工时模块时间计算

静态工时模块时间即是产品族共享结构的加工时间。由于组成产品族共享结构的零件数量和种类较多,因此,将零件按工艺和制造过程的相似度进行聚类,每类作为一个时间模块。假设零件经过聚类后共得到 n 个零件族,即 n 个时间模块,则静态工时模块 M_s 的时间值为

$$T(M_s) = \sum_{i=1}^n T(M_s^{(i)}) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{j_i} \frac{T(P_{ik}^{(s)})}{j_i} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{j_i} \frac{t(P_{ik}^{(s)})}{j_i} \quad (6)$$

3.3 特有工时模块时间计算

3.3.1 特有结构时间模块的划分方法

产品特有结构是指为某一产品所特有的结构,通常是顾客自行选配或企业根据顾客对产品的功能需求而特别添加的具有特定功能的结构。对特有结构的加工时间的计算,本文采取与静态工时模块时间类似的方法。不同的是,在计算特有结构的时间之前,企业必须首先通过分析产品各细分市场的需求,识别和归纳市场中潜在的和已有的产品需求,通过需求—功能—结构的层层映射,找出所有特有结构;然后对这些特有结构的所有零件按照工艺和制造过程的相似性进行聚类,划分成若干个时间模块 $M_u^{(i)}$ ($i=1, \dots, n$)。其时间模块时间值的计算方法同静态工时模块中时间值的计算。

3.3.2 定制产品特有工时的计算

当企业接到产品订单时,对定制产品特有结构的加工时间计算步骤如下:a) 分析顾客需求,识别产品需要哪些特有结构(特有结构的数量可能是一个或多个);b) 通过分解特有结构,提取组成特有结构的所有零件;c) 通过对各时间模块的描述,确定零件所属的时间模块;d) 根据制造经验,确定零件在所属时间模块中所占的权重 w (w 越大,完成该零件的时间占所属

时间模块时间值的比重越大);e)计算每个特有结构时间值;f)将定制产品所需的每个特有结构时间值相加,即为定制产品特有工时模块的时间,也就是完成加工特有结构所需的时间:

$$T(M_u) = \sum_{j=1}^m w_{ij} \times T(M_u^{(i)}) \quad (7)$$

其中: $T(M_u)$ 为特有工时模块时间值; m 为组成特有结构的零件个数; w_{ij} 为零件 P_j 在 $M_u^{(i)}$ 中占的时间权重; i 为零件 $P_j \in M_u^{(i)}$,由时间模块的描述确定。

3.4 定制产品加工时间快速确定

3.4.1 顾客需求转换

顾客需求转换的目的是获取定制产品的功能和结构信息,以此确定顾客所定制的产品结构中哪些是柔性结构,哪些是特有结构,这是计算定制产品加工时间的前提。

顾客订单描述了产品所应具有的功能和属性^[10],是顾客对产品的功能和结构多方面的模糊需求,因此企业必须对模糊的顾客需求进行转换。具体方法是:a)分析顾客订单,提取顾客模糊的产品需求;b)通过需求—功能—结构—参数的映射,识别定制产品的柔性结构和特有结构;c)对柔性结构进行进一步分析,确定设计结构发生变化的微观结构(制造结构元素、制造结构单元)及可拓变换的方式。

3.4.2 定制产品制造时间的重用

为了提高定制产品加工时间的确定效率,本文提出对加工时间进行重用的方法。对于静态工时模块和特有工时模块,它们对应的结构都是既定的,没有发生改变,加工时间不会随顾客需求变化而变化,因此对两者的历史数据进行直接调用即可;而对于柔性工时模块,其对应结构会随顾客需求而发生改变,加工时间也发生变化,不能直接调用柔性工时模块的时间。因此,本文以对制造对象基元的匹配搜索来提取相似的柔性制造对象,实现加工时间的快速重用。检索过程分为制造对象物元的三级匹配搜索和制造对象事元的匹配搜索两大步骤。制造对象物元的三级匹配是指对柔性制造对象的物元按照物元名称 O_m 、特征 c_m 、特征值 v_m 进行逐级匹配搜索;制造对象事元的匹配是指对柔性制造对象的事元名称 O_a 进行匹配搜索。搜索步骤如下:

- a)将新的制造对象的物元名称与数据库中历史制造对象的物元名称进行匹配,判断是否属于同类制造对象。
- b)进行物元特征的匹配,判断制造对象的特征属性是否吻合。
- c)进行物元特征值的匹配,计算制造对象的特征相似度 S_f 。其计算方法为

$$S_f = \frac{\sum_{i=1}^n w_i^2 v_i v_i^0}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n w_i^2 v_i^2)(\sum_{i=1}^n w_i^2 v_i^0{}^2)}} \quad (8)$$

其中: S_f 为新制造对象与历史制造对象物元特征相似度; w_i 为新制造对象和历史制造对象中第 i 个物元特征的权重,表示制造对象不同特征影响加工时间的程度,由工艺设计人员确定; v_i 为新制造对象中第 i 个物元特征的取值; v_i^0 为历史制造对象中第 i 个物元特征的取值。

规定 S_f 的下限值 λ ,当 $S_f \geq \lambda$ 时,新制造对象与历史制造对象相似,转入步骤d)。

d)进行制造对象事元名称的匹配,判断新制造对象与历史制造对象的工艺流程是否相似,按照式(1)来计算工艺相似度 S_p 。

根据实际确定 S_p 的下限值 μ ,当 $S_p \geq \mu$ 时,新制造对象与历史制造对象相似,转入步骤e)。

e)调用历史制造对象事元的各操作时间,将其和即是新制造对象的加工时间。

4 实例

某公司是国内大型变压器生产商,产品的很大一部分属于顾客定制的生产模式。变压器的主要结构有铁芯、线圈、引线和油箱箱体等。对公司目前市场上的整个产品族进行分析,确定产品族的共享结构、柔性结构和特有结构,其结果如表1所示。

表1 产品族结构分析结果

项目	内容
共享结构	硅钢片、分接开关、继电器、油箱附件等
柔性结构	铁芯柱、油箱、线圈等
特有结构	支撑架、转轮

1) 静态工时模块时间计算

对共享结构的所有零部件进行工艺聚类,划分时间模块。由于零件众多,以A相线圈为例说明聚类过程,如表2所示。

表2 A相线圈与其他零部件的相似系数计算

相似对应关系	相似系数计算公式	S_{ij}
A相线圈—B相线圈	$7/(7+7-7)$	1.00
A相线圈—C相线圈	$7/(7+8-7)$	0.88
A相线圈—D相线圈	$6/(7+7-6)$	0.75
A相线圈—E相线圈	$6/(7+7-6)$	0.75
A相线圈—铁芯芯柱	$3/(7+4-3)$	0.38
A相线圈—铁芯旁柱	$3/(7+4-3)$	0.38
A相线圈—夹件	$3/(7+4-3)$	0.38
A相线圈—引线	$3/(7+4-3)$	0.38
A相线圈—开关	$2/(7+2-3)$	0.33
A相线圈—套管	$2/(7+2-3)$	0.33
A相线圈—油枕	$2/(7+2-3)$	0.33

企业目前工时定额精度值为0.85,则A相线圈与B、C相线圈工艺相似,属于一个时间模块。依次计算所有零件与其他零件的相似度。根据式(1)来计算时间模块的时间值。因此,静态工时模块时间值为

$$T(M_S) = \sum_{i=1}^9 T(M_S^{(i)}) = 3.25 + 2.1 + 2.78 + 2.46 + 2.36 + 1.43 + 3.9 + 1.52 + 2.18 = 21.98(h)$$

2) 柔性工时模块时间计算

如图3所示,以变压器某一零件的制造结构元素为例,说明柔性工时模块时间计算方法。

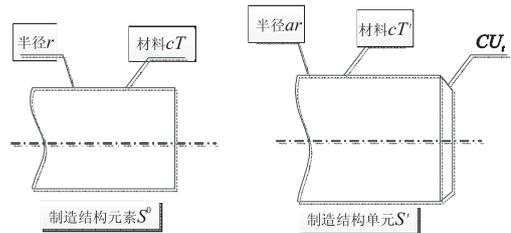


图3 某零件制造结构元素

顾客定制需求要求产品某一零件的制造结构元素由 S^0 变换为 S' ,通过分析,具体为半径由 r 变为 ar (扩缩变换),材料由 cT 置换为 cT' (置换变换),增加了结构 CU_i 。表3为半径与加工时间。对表3中历史数据进行分析,得出该制造结构元素的半径和加工时间的回归分析图,如图4所示。

表 3 半径与加工时间

半径/cm	195.0	195.8	196.5	197.2	198.0	199.5	200.8	201.6	201.8	202.0
时间/s	5562.8	5597.4	5630.7	5661.1	5754.5	5790.6	5896.3	5901.5	6009.7	6011.2

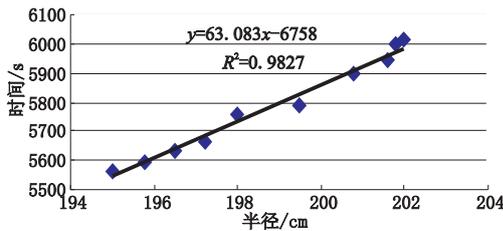


图 4 半径与加工时间的回归分析

由图 4 可知,该制造结构元素的半径和其加工时间是高度线性拟合的($R^2 = 0.9827$),回归方程为 $y = 63.083x - 6758$,当知道制造结构元素的半径 x 时,只需将其代入回归方程即可计算出加工时间 y 。

材料 cT 与 cT' 对加工时间的影响权重分别为 w 和 w' ,则当材料为 cT' 、半径为 αr 时,该制造结构元素的加工时间为 $T_1 = \frac{w'}{w} \times y(\alpha r)$ 。对增加的结构 CU_i 进行事元表达,对涉及的各种操作应用传统时间方法,计算出加工时间 T_2 ,则顾客需求形成的制造结构单元的加工时间为 $T' = T_1 + T_2$ 。

3) 特有工时模块时间计算

特有工时模块时间计算方法与静态工时模块相同,同样是先对零件进行聚类分析,再划分工时模块,这里不再赘述。

4) 定制产品加工时间的重用

前三步实际上为定制产品加工时间的重用提供了历史数据。加工时间的重用是建立在制造对象基元表达的基础上的。

当企业接到顾客订单时,首先对定制产品的柔性结构进行分析,识别需要改变的制造结构对象,并对其进行基元描述;然后与历史制造对象的基元进行匹配搜索。假设定制产品需要改变变压器某个轴上的键槽制造结构元素。建立该制造结构元素基元,表达如下:

$$O_{0kw}B = \{O_{0kw}M, O_{0kw}A, O_{0kw}R\}$$

$$O_{0kw}M \rightarrow \begin{bmatrix} O_{0kw} & c_{m1} & v_{m1} \\ & c_{m2} & v_{m2} \\ & c_{m3} & v_{m3} \end{bmatrix} = \begin{cases} (\text{键槽} & \text{材料} & T45) \\ (\text{键槽} & \text{尺寸} & b, t, t_1, r) \\ (\text{键槽} & \text{加工设备} & \text{立式铣床}) \end{cases}$$

$$O_{0kw}A \rightarrow \begin{bmatrix} O_{0kw} & c_{a1} & v_{a1} \\ & c_{a2} & v_{a2} \\ & c_{a3} & v_{a3} \\ & c_{a4} & v_{a4} \end{bmatrix} = \begin{cases} (\text{定位} & \text{时间} & x) \\ (\text{进退刀} & \text{时间} & y) \\ (\text{去毛刺} & \text{时间} & z) \\ (\text{加工} & \text{时间} & w) \end{cases}$$

$$\{O_{0kw}A_1, O_{0kw}A_2, O_{0kw}A_3, O_{0kw}A_4\}$$

a) 将该制造对象的物元名称与某一历史制造物元名称进行匹配,若名称为键槽则继续。

b) 将该制造对象的物元特征与当前历史制造物元特征进行匹配,判断特征属性是否吻合。

c) 计算该制造对象与当前历史制造对象的特征相似度 S_f 。

其中, w_1 为材料权重; w_2 为尺寸权重; w_3 为加工设备权重; $\lambda = 0.85$; $\mu = 0.8$; v_i^0 为历史制造对象的特征值,值均为 1。当 $v_i = v_i^0$ 时, $v_i = 1$; 否则 $v_i = 0$ 。

经过分析, $w_1 = 0.75, w_2 = 0.90, w_3 = 0.85; v_1 = 0, v_2 = 1, v_3 = 1$ 代入式(8)得

$$S_f = \frac{0.75^2 \times 0 \times 1 + 0.90^2 \times 1 \times 1 + 0.85^2 \times 1 \times 1}{\sqrt{(0.75^2 \times 0 + 0.90^2 \times 1 + 0.85^2 \times 1)(0.75^2 \times 1 + 0.90^2 \times 1 + 0.85^2 \times 1)}} = 0.8553 \geq \lambda = 0.85$$

d) 计算该制造对象与当前历史制造对象的事元名称的匹配,即计算工艺相似度 S_p 。

经过匹配,知该制造对象比当前历史制造对象多一道工序,即有五道工序,其他工序均相同,因此,

$$S_p = E_{ij} / (E_i + E_j - E_{ij}) = 4 / (4 + 5 - 4) = 0.8 \geq \mu = 0.8$$

因此,重用当前历史制造对象的加工时间数据。

5 结束语

本文以产品族的结构组成为出发点,首次将产品族结构与产品族加工时间联系在一起,提出了时间模块的概念,构建了三大工时模块。考虑到顾客定制因素对产品各结构加工时间的影响,运用可拓变换的方法描述了定制因素对柔性结构加工时间的影响。通过对加工时间的重用实现了定制产品加工时间的快速确定,但重用过程是建立在制造对象的基元表达基础上的。因此,为了更好地支持重用过程,对制造对象更加合理的基元表达是今后要继续研究的目标。

参考文献:

- [1] 杨青海,祁国宁,黄哲人,等. 基于案例推理和事例特性表的零件工时估算方法[J]. 机械工程学报,2007,43(5):99-105.
- [2] 钟宏才,刘建峰. 应用神经网络实现中间产品加工工时定额的快速计算[J]. 华东船舶工业学院学报:自然科学版,2003,17(2):23-28.
- [3] 高俊杰,张树生,孙宏伟,等. 混合推理方法在工装工时定额中的应用[J]. 计算机应用,2002,22(12):37-40.
- [4] FOULDS L R, NEUMANN K. A network flow model of group technology[J]. Mathematical and Computer Modeling,2003,38(5-6):623-635.
- [5] 易树平,许香穗. 分枝—聚类零件分类方法[J]. 重庆大学学报:自然科学版,1986,9(2):48-56.
- [6] 苏楠,赵燕伟,唐辉军,等. 基于可拓逻辑的产品族可配置规划研究[J]. 计算机集成制造系统,2008,42(10):6-11.
- [7] 李聪波,王秋莲,刘飞,等. 基于可拓理论的绿色制造实施方案设计[J]. 中国机械工程,2010,21(1):21-25.
- [8] 蔡文,杨春燕,何斌,等. 可拓逻辑初步[M]. 北京:科学出版社,2003:23-42.
- [9] 杨春燕,蔡文,林伟初. 可拓工程[M]. 北京:科学出版社,2007:26-58.
- [10] RAZMI J, SHAKHS-NIYAEE M. Developing a specific predetermined time study approach: an empirical study in a car industry[J]. Production Planning and Control,2008,19(5):454-460.
- [11] ERASLAN E. The estimation of product standard time by artificial neural networks in the molding industry[J]. Mathematical Problems in Engineering,2009,19(5):417-422.
- [12] 李国平,赵海贤,张换高,等. 刮板输送机产品平台建立及配置方法研究[J]. 计算机集成制造系统,2008,14(2):241-247.
- [13] SHARAFEEV I S. Structure of technological-purpose automation models by the example of a computer-aided design system of labor standards[J]. Russian Aeronautics,2007,51(1):105-108.
- [14] DONG Qiao-ying, KAN Shu-lin, HUANG Zhi-hui. The assembly task man-hour estimate model based on primitives and work study [C]//Proc of the 20th Chinese Control and Decision Conference. 2008:1673-1678.